

XV SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA EVAPORAÇÃO NA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DE UM RESERVATÓRIO TROPICAL

Janine Brandão de Farias Mesquita¹; Iran Eduardo Lima Neto² & José Carlos de Araújo³

RESUMO – O balanço hídrico em lagos e reservatórios pode ser afetado pelas perdas por evaporação. Nesse sentido, o presente trabalho objetivou analisar o impacto da evaporação na disponibilidade hídrica no açude Santo Anastácio, localizado em Fortaleza, Ceará. Estimou-se a evaporação direta do açude pelo método da transferência de massa. Foram geradas séries temporais de evaporação para onze anos e comparadas à evaporação medida pelo do tanque Classe A, através da relação entre os dados modelados e medidos, bem como por regressão linear. Posteriormente, analisou-se uma série temporal de dados hidrológicos de 20 anos (2000 a 2019) para a estimativa da disponibilidade hídrica. Utilizou-se o modelo de balanço hídrico Vyelas e adotou-se diferentes coeficientes de correção obtidos para análise de cenários do impacto da evaporação na disponibilidade hídrica. Obtiveram-se coeficientes de correção para o tanque Classe A anuais, mensais e sazonais médios entre 0.5-0.6, inferiores ao que sugere a literatura. As simulações com o Vyelas mostraram que reduções da evaporação superiores a 30% implicam o aumento da disponibilidade hídrica na mesma proporção. Conclui-se que balanço hídrico é bastante sensível à estimativa da evaporação, sugerindo a necessidade de acurácia nos métodos de cálculo da evaporação para a efetiva gestão operacional dos recursos hídricos.

ABSTRACT– The water balance in lakes and reservoirs can be affected by evaporation losses. In this sense, the present study aimed to analyze the impact of evaporation on water availability in the Santo Anastácio reservoir, located in Fortaleza, Ceará. Direct evaporation of the reservoir was estimated using the mass transfer method. Eleven-year evaporation time series were generated and compared to the evaporation measured by the Class A pan, through the relationship between modeled and measured data, as well as by linear regression. Subsequently, a 20-year time series of hydrological data (2000 to 2019) was analyzed to estimate water availability. The Vyelas water balance model was used and different correction coefficient obtained were used to analyze scenarios of the impact of evaporation on water availability. Class A pan coefficient were obtained for annual, monthly and seasonal averages between 0.5-0.6, lower than suggested by the literature. Simulations with Vyelas showed that reductions in evaporation greater than 30% imply an increase in water availability in the same proportion. It is concluded that water balance is very sensitive to the evaporation estimate, suggesting the need for accuracy in the evaporation calculation methods for the effective operational management of water resources.

Palavras-Chave – Balanço hídrico, Tanque classe A, Coeficiente de correção.

1) Professora Assistente. Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus Crateús. Rodovia BR-226, Km 04, s/n, São Vicente, CEP: 63700-000. Crateús, CE, Brasil. Fone/Fax: +55 88 3691-9700. E-mail: janine@crateus.ufc.br

2) Professor Associado. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental (DEHA), Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus do Pici, Bloco 713. Pici. CEP: 60455-900. Fortaleza, CE, Brasil. Fone/Fax: +55 85 3366-9776. E-mail: iran@deha.ufc.br

3) Professor Titular. Departamento de Engenharia Agrícola (DNA), Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus do Pici, Bloco 804. Pici. CEP: 60455-900. Fortaleza, CE, Brasil. Fone/Fax: +55 85 3366-9757. E-mail: jcaraujo@ufc.br

1. INTRODUÇÃO

O equilíbrio climático global é regido pelo balanço térmico entre as sucessivas mudanças de estado físico da água, caracterizando o ciclo hidrológico. Como parte desse mecanismo, a evaporação se inicia com a absorção da energia do calor sensível, possibilitando a variação da temperatura da água até a obtenção da quantidade de energia essencial à mudança de estado físico, denominada calor latente (Abtew e Melesse, 2013).

No âmbito da gestão de recursos hídricos, o conhecimento das taxas de evaporação é necessário para avaliação do balanço hídrico e da disponibilidade hídrica em lagos e reservatórios superficiais (de Araújo, 2006). No entanto, constitui-se como um dos principais desafios para a estimativa da evaporação a aplicação métodos precisos e de fácil operacionalização, que considerem as inúmeras variáveis que exercem influência sobre os sistemas ambientais analisados. Tal necessidade se torna premente em regiões caracterizadas pela escassez hídrica, a exemplo das zonas áridas e semiáridas (Ali *et al.*, 2008), notadamente em regiões onde se desenvolveram densas redes de reservatórios superficiais destinados aos usos múltiplos de suas águas, como no estado do Ceará, Brasil (Lima Neto *et al.*, 2011; Mamede *et al.*, 2012).

Há diversos métodos e modelos clássicos com a finalidade de estimar a evaporação, tais como: o tanque Classe A, os métodos de transferência de massa, Penman, Priestley-Taylor e o balanço de energia-razão de Bowen (Kohler *et al.*, 1955; Brutsaert e Yeh, 1970; Neuwirth, 1973; Linacre, 1994; Singh e Xu, 1997; Gianniou e Antonopoulos, 2007; Ali *et al.*, 2008; Pereira *et al.*, 2009; López *et al.*, 2012; Alazard *et al.*, 2015; Althoff *et al.*, 2019).

Alguns estudos compararam diferentes métodos, a fim de se obter coeficientes de correção mais precisos para tanques de evaporação, a exemplo do tanque Classe A (Kohler *et al.*, 1955; Neuwirth, 1973; Linacre, 1994; Pereira *et al.*, 2009; Alazard *et al.*, 2015; McJannet *et al.*, 2017; Althoff *et al.*, 2019). Neste sentido, o presente trabalho objetiva analisar o impacto da evaporação na disponibilidade hídrica de um reservatório tropical, por meio da estimativa da evaporação pelo método do tanque Classe A. Pretende-se com esta pesquisa avaliar as respostas, em termos de disponibilidade hídrica, a diferentes cenários com o uso de coeficientes de correção do tanque Classe A calculados para o reservatório em estudo.

2. METODOLOGIA

2.1. Caracterização da área de estudo

O reservatório objeto de estudo é o açude Santo Anastácio (Figura 1), com coordenadas de exutório na latitude -3.74 S, longitude -38.57 W, localizado em Fortaleza, estado do Ceará, Brasil.

Trata-se de uma região litorânea, com precipitação média anual de 1338 mm concentrada predominantemente de janeiro a maio, com duas estações definidas (período chuvoso e seco) e clima Tropical Quente Sub-úmido, com temperatura média variando de 26 a 28 °C (CEARÁ, 2016), máxima de 30.1 °C e mínima de 23.6 °C, evaporação total anual média de 1435.2 mm e velocidade média dos ventos de 3.2 m.s⁻¹ (INMET, 2009). Ressalta-se que o açude possui como principal afluente um canal retangular de drenagem urbana com seção retangular de 5 m de largura e extensão de 2.5 km.

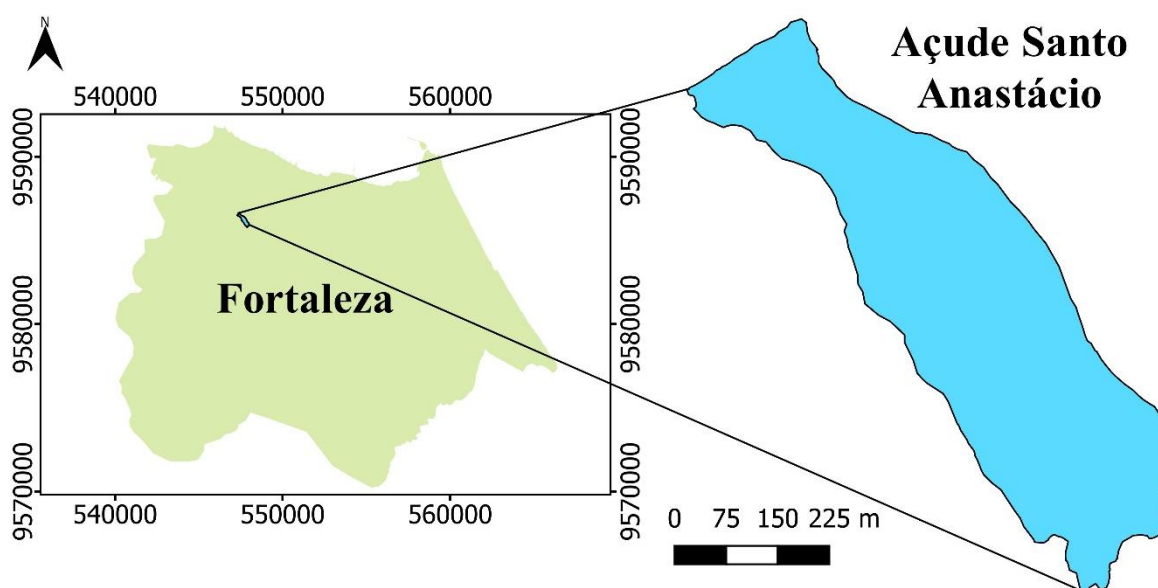


Figura 1 – Localização do açude Santo Anastácio em Fortaleza, Ceará, Brasil.

2.2. Modelagem da evaporação

A modelagem da evaporação direta do lago foi realizada pelo método de transferência de massa, utilizando-se o modelo hidrodinâmico bidimensional (2D) CE-QUAL-W2 (Cole e Wells, 2018). Inicialmente, estimou-se a evaporação direta do lago através do balanço hídrico simplificado, ou seja, pela diferença entre a vazão de entrada e saída, denominando-se de evaporação calculada. Foram selecionadas, dentre as vazões medidas em 2013 e 2018, aquelas realizadas nos dias sem chuva. As considerações realizadas são que não há fluxos de entrada ou saída ao longo do lago, além da evaporação, e que o lago mantém o nível praticamente constante ao longo do ano, conforme Araújo *et al.* (2019). Dessa forma, a partir de dados de evaporação calculados em 2013, calibrou-se uma função do vento, conforme o método de transferência de massa (ver Singh e Xu, 1997; Gianniou e Antonopoulos, 2007; López *et al.*, 2012). Este método é representado pelas Equações 1 e 2, as quais são utilizadas pelo CE-QUAL-W2 para o cálculo da perda de calor evaporativo no lago, H_e (W.m⁻²).

$$H_e = f(u)(e_s - e_a) \quad (1)$$

$$f(u) = a + bu^c \quad (2)$$

Em que: $f(u)$ = função do vento ($\text{W.m}^{-2}.\text{mmHg}^{-1}$); e_s = pressão de vapor de saturação na superfície do lago (mmHg); e_a = pressão de vapor atmosférico (mmHg); a ($\text{W.m}^{-2}.\text{mmHg}^{-1}$), b ($\text{W.m}^{-2}.\text{mmHg}^{-1}(\text{ms}^{-1})^{-c}$), c (adimensional) = coeficientes empíricos; u = velocidade do vento medida a 2 m do solo (m.s^{-1}). Calibrou-se e validou-se o modelo por análise estatística, comparando-se os dados de evaporação calculados e modelados através do desvio médio e coeficiente de determinação (R^2). A evaporação calculada com os dados de 2018 foi utilizada para a validação do modelo. O método termodinâmico utilizado para o cálculo das trocas de calor o método de resolução termo a termo, ou seja, em cada célula de discretização do domínio 2D.

2.3. Coeficientes de correção

Foram geradas séries temporais de evaporação diária para onze anos (2009 a 2019), considerando o lago estratificado, e compararam-se com as medidas no tanque Classe A. Estes foram obtidos da estação meteorológica localizada no campus do Pici da Universidade Federal do Ceará (UFC). Desta forma, calcularam-se coeficientes de correção anuais, mensais e sazonais para o tanque Classe A (K), comumente utilizados para a estimativa da evaporação real em corpos hídricos e obtenção de maior acurácia nas medições de evaporação (e.g. Kohler *et al.*, 1955; Neuwirth, 1973; Linacre, 1994; Pereira *et al.*, 2009; Alazard *et al.*, 2015; McJannet *et al.*, 2017; Althoff *et al.*, 2019). O coeficiente de correção anual foi obtido por meio de regressão linear entre as respectivas séries de dados acumulados anualmente (modeladas e medidas com tanque Classe A), sendo o mesmo a inclinação da reta; os mensais foram obtidos de duas maneiras: um coeficiente de correção mensal genérico, obtido por regressão linear entre a evaporação medida e modelada (mensais), semelhante ao anual; e através da relação entre a evaporação mensal modelada e medida. Já o coeficiente de correção sazonal foi estimado para o período chuvoso (janeiro a junho) e seco (julho a dezembro), através da relação entre a evaporação modelada e medida no período correspondente.

2.4. Disponibilidade hídrica

Para a análise do impacto da evaporação na disponibilidade hídrica foi utilizado o modelo de balanço hídrico Vyelas, desenvolvido por de Araújo *et al.* (2006). O Vyelas estima a disponibilidade hídrica através da associação entre o rendimento da água e a sua respectiva garantia de atendimento durante o ano (de Araújo *et al.*, 2006). Os dados hidrológicos utilizados para a simulação foram para o período de 20 anos (2000 a 2019). A evaporação foi estimada com o uso de diferentes valores de coeficientes de correção para o tanque Classe A, obtidos através dos valores máximo e médio mensais

calculados neste trabalho. Adotou-se como valor de referência para fins comparativos o valor do coeficiente de correção de 0.8, comumente utilizado em estudos na região Nordeste (e. g. Oliveira et al., 2005; Pereira et al., 2009; Campos et al., 2016). Nesse sentido, foi possível avaliar a sensibilidade do balanço hídrico ao coeficiente de correção adotado para o caso da evaporação ser estimada pelo método do tanque Classe A.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Coeficientes de correção da evaporação

Os parâmetros estatísticos analisados entre a evaporação calculada e modelada (desvio percentual e coeficiente de determinação), para o ajuste da função do vento, indicaram que para os dados de 2013 um expoente c igual a 1 e para os coeficientes a e b de 8 e 16, respectivamente. Os dados modelados e medidos em 2013 apresentaram o desvio médio de 28% e o coeficiente R^2 de 0.85. O expoente $c = 1$ corrobora os resultados de Neuwirth (1973). Já os coeficientes a e b estão dentro das faixas reportadas por Cole e Wells (2018). A função do vento proposta para a estimativa da evaporação e validada com dados de 2018, obtidos através da mesma metodologia para estimativa da evaporação em 2013, apresentou desvio médio de 18% e o coeficiente R^2 de 0.74, confirmando a representatividade do modelo calibrado. A Figura 2 ilustra as correlações lineares entre a evaporação (medida pelo tanque Classe A e modelada no CE-QUAL W2) obtidas para o ano de 2014. Normalmente se adota o valor em torno de 0.70 para estimativas anuais com o Classe A, a exemplo de Kohler *et al.* (1955) que estimaram o coeficiente de correção anual para o tanque Classe A com valor médio de 0.70, nos Estados Unidos da América. Neuwirth (1973) comparou valores obtidos *in loco* em um lago raso na Áustria com um tanque Classe A e estimou um coeficiente de correção médio de 0.72 para o período de análise entre maio e outubro. Linacre (1994) obteve o valor de 0.70 através da relação entre as médias de vinte meses entre a evaporação estimada pelo método de Penman e o tanque Classe A, nos Estados Unidos. Ali *et al.* (2008) calcularam coeficientes de correção anuais para o tanque Classe A entre 0.65-0.73, média de 0.65, em uma área de estudo na região semiárida da Índia. Na região Nordeste do Brasil, na qual o lago em estudo está inserido, os trabalhos normalmente adotam coeficientes de correção para o Classe A predominantemente entre 0.60 e 0.90 (Oliveira *et al.*, 2005; Pereira *et al.*, 2009; Mamede *et al.*, 2012; Campos *et al.*, 2016).

No entanto, observa-se no presente trabalho que os valores anuais encontrados foram entre 0.49-0.69, média de 0.58 (tanque Classe A), representados pela inclinação da reta com coeficiente linear nulo, portanto, inferiores ao que comumente sugere a literatura (Kohler *et al.*, 1955; Brutsaert e Yeh, 1970; Neuwirth, 1973; Linacre, 1994; Ali *et al.*, 2008). Já os coeficientes de correção mensais

(genéricos) variaram entre 0.44-0.52, com média de 0.49; os mensais obtidos pela relação entre a evaporação mensal modelada e medida variaram entre 0.36-0.66, com médias entre 0.42-0.54 e média geral de 0.5. Althoff *et al.* (2019) estimaram coeficientes de correção mensais entre 0.72-0.92, em um pequeno reservatório rural com área superficial de 0.25 ha, localizado na região Centro-Oeste do Brasil (Savana brasileira), através da estimativa da evaporação com equações que incluíam variáveis climáticas e um tanque Classe A. McJannet *et al.* (2017) estimaram um coeficiente de correção mensal para o Classe A entre 0.62-0.80, em estudo realizado em uma região árida da Austrália, comparando-se dados de uma estação meteorológica com simulações usando um modelo aerodinâmico. Oliveira *et al.* (2005) obtiveram coeficientes de correção mensal entre 0.76-0.93 para a região semiárida da Paraíba, Nordeste do Brasil.

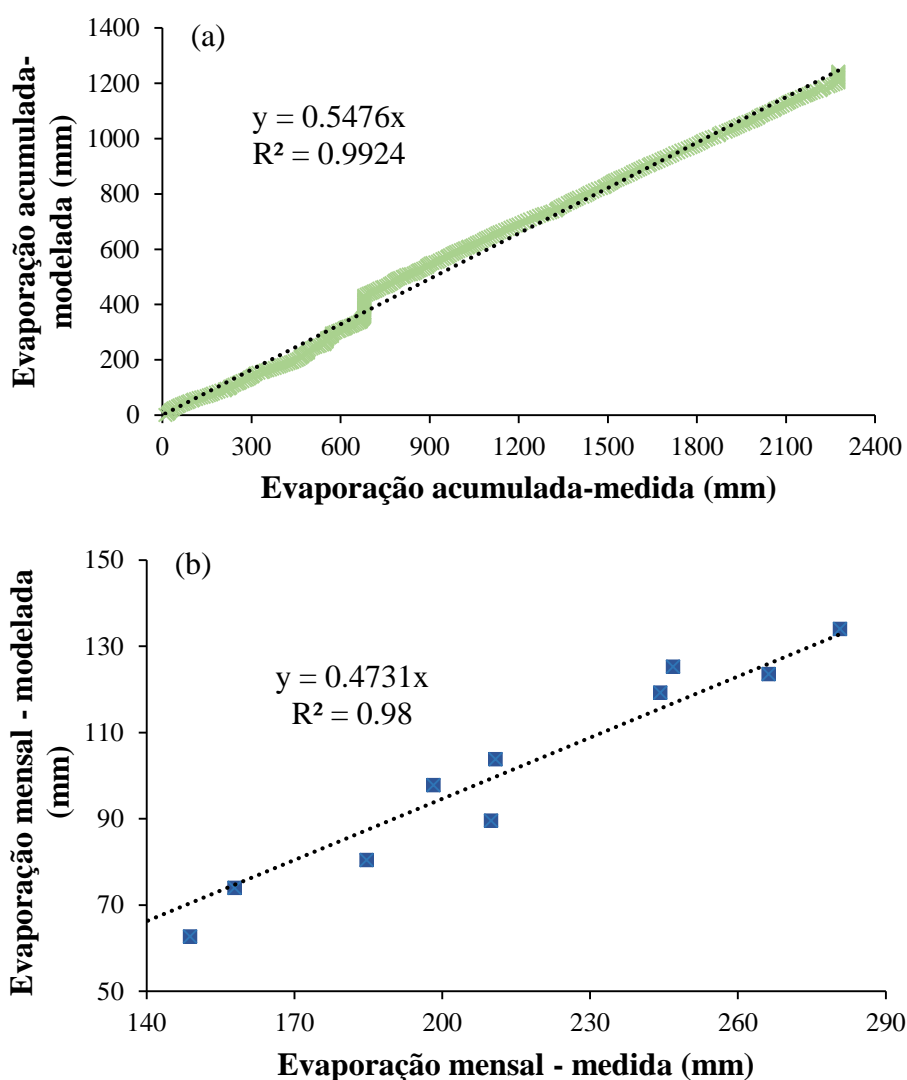


Figura 2 - Regressão linear para o ano de 2014 entre os dados acumulados anuais de evaporação medidos no tanque Classe A e modelados no CE-QUAL W2 (a) e entre os dados mensais de evaporação medidos no tanque Classe A e modelados no CE-QUAL W2 (b) para a obtenção do coeficiente de correção anual (K_a) e mensal genérico (K_m) para o tanque Classe A, respectivamente (inclinação da reta).

Além disso, os coeficientes de correção sazonais neste trabalho oscilaram entre 0.45-0.52, com média de 0.50. Pereira *et al.* (2009) estimaram a evaporação líquida no lago de Sobradinho, localizado na bacia do rio São Francisco, no Nordeste do Brasil, por meio de medições com o tanque Classe A e dos modelos de Linacre (1993), Kohler *et al.* (1955) e CRLE, obtendo um coeficiente de correção sazonal de 0.57. Já Oliveira *et al.* (2005) estimaram coeficientes de correção sazonais para o semiárido da Paraíba, Brasil de 0.9 e 0.7 nos períodos chuvoso e seco, respectivamente. Ressalta-se que os coeficientes de correção mensais obtidos pelos dois métodos citados e o sazonal apresentam a mesma ordem de grandeza, sugerindo a adoção do valor médio de 0.50 para todos os casos. Portanto, o presente trabalho apresentou valores inferiores ao que normalmente sugere a literatura. Morton (1983) constatou que os coeficientes de correção de regiões áridas tendem a ser inferiores aos de regiões úmidas. A área de estudo deste trabalho apresenta elevadas temperaturas durante praticamente o ano inteiro (médias de 26 a 28 °C) (INMET, 2009), com clima tropical quente subúmido (CEARÁ, 2016). No entanto, os coeficientes estimados são inferiores aos obtidos em climas áridos e semiáridos, inclusive do Brasil (*e.g.*, Oliveira *et al.*, 2005; Ali *et al.*, 2008; McJannet *et al.*, 2017), sugerindo a interferência de outras condicionantes, além da climática.

A Figura 3 apresenta um comparativo entre a evaporação mensal modelada e medida (tanque Classe A) no ano de 2012 como ilustração do padrão geral intra-anual. Estes valores foram utilizados para o cálculo do coeficiente de correção mensal e sazonal através da relação entre essas variáveis, conforme descrito.

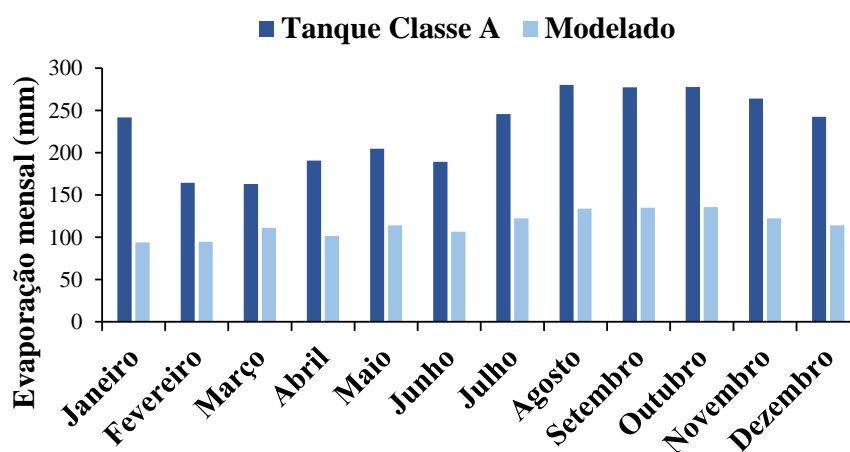


Figura 3 - Comparação entre os dados mensais de evaporação (mm) em 2012 medidos no tanque Classe A e modelados no CE-QUAL W2, utilizados para a obtenção do coeficiente de correção mensal e sazonal para o tanque Classe A.

Observa-se uma clara influência da sazonalidade na evaporação, com o segundo semestre apresentando os maiores valores, tanto nos dados medidos quanto modelados para todos os anos analisados (2009 a 2019). No entanto, não houve um impacto significativo no coeficiente de correção

sazonal, como exposto. Tal fato indica, naturalmente, que há redução e aumento proporcionais entre a evaporação do lago e a medida com o tanque Classe A, no período chuvoso e seco, respectivamente. Por outro lado, Oliveira *et al.* (2005) observaram uma clara sazonalidade que impacta no coeficiente de correção, em uma área de estudo no Nordeste do Brasil. Linacre (1994) sugeriu o coeficiente de correção para o Classe A de 0.77 como um padrão geral. No entanto, o autor adverte que diversos fatores podem alterar esse valor, incluindo as taxas de evaporação. Estas, por sua vez, são função da latitude, da declinação solar, da nebulosidade e da aridez do ambiente. Portanto, o padrão de proporcionalidade entre a evaporação em lagos e tanques está diretamente ligado, entre outros aspectos, ao clima da área de estudo, o que justifica as tendências particulares a serem discutidas a seguir.

3.2. Análise da disponibilidade hídrica

Por fim, a Figura 4 apresenta o comparativo da simulação da disponibilidade hídrica no lago Santo Anastácio, estimada por meio do software Vyelas (de Araújo et al., 2006) para diferentes valores de evaporação, calculados utilizando-se os coeficientes K_p de 0.8, 0.52 e 0.49, obtidos através dos valores máximo e médio de coeficientes de correção mensais calculados neste trabalho para o tanque Classe A.

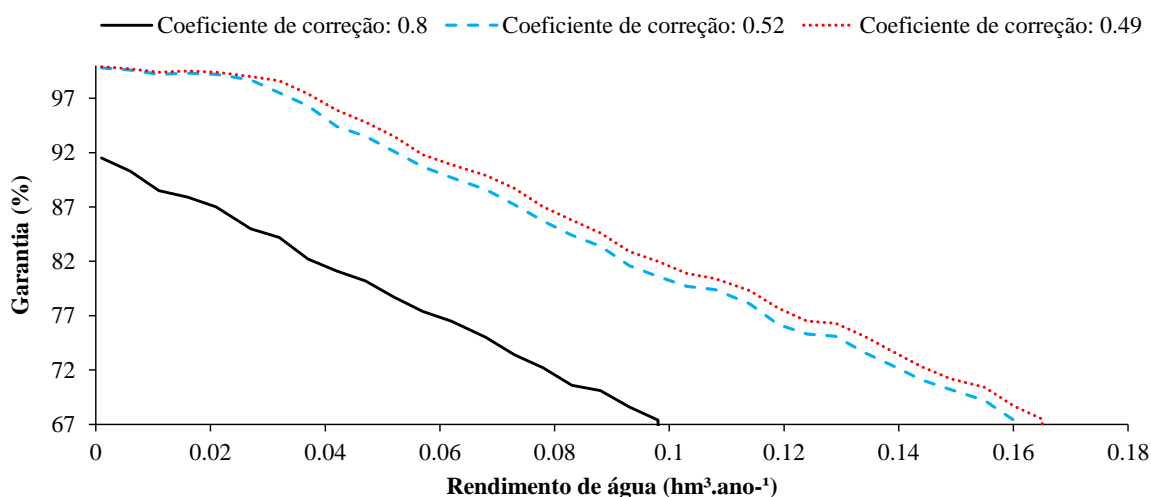


Figura 4 - Simulação da disponibilidade hídrica para diferentes valores de evaporação estimados com coeficientes de correção para o tanque Classe A (0.8, 0.52 e 0.49 representam o valor padrão da literatura e os obtidos através dos valores máximo e médio de coeficientes de correção mensais calculados, respectivamente), no lago Santo Anastácio, em Fortaleza, Ceará - Brasil.

Observa-se que há uma redução nas taxas de evaporação, obtidas com os dois últimos coeficientes em relação ao coeficiente K_p de 0.8, de 35 e 39%, implicando um aumento médio da disponibilidade hídrica de 35 e 37%, respectivamente. Observa-se, desta forma, a elevada

sensibilidade da estimativa da garantia hídrica às taxas de evaporação utilizadas e, conseqüentemente, ao coeficiente de correção para o caso de estimativas utilizando-se de dados medidos de evaporação através do tanque Classe A.

4. CONCLUSÕES

O presente trabalho analisou o impacto da evaporação na disponibilidade hídrica de um lago tropical. Através dos resultados obtidos, conclui-se que os coeficientes de correção para o tanque Classe A (anuais, mensais e sazonais) apresentaram valores inferiores aos observados na literatura. Este fato sugere a existência de possíveis interferentes no processo de evaporação do lago que devem ser investigados, como aspectos climáticos e de qualidade da água do lago. Além disso, apesar da sazonalidade climática característica da região, não houve um impacto significativo no coeficiente de correção sazonal.

Ademais, com a aplicação dos coeficientes de correção para o tanque Classe A mensais obtidos, constatou-se o impacto da evaporação na disponibilidade hídrica, indicando que reduções da evaporação superiores a 30% implicam o aumento da disponibilidade hídrica na mesma proporção. Portanto, verifica-se que o balanço hídrico é bastante sensível a estimativa da evaporação, sugerindo a necessidade de acurácia nos métodos adotados para a estimativa da mesma e/ou dos coeficientes de correção utilizados para este fim, com vistas a efetiva gestão operacional dos recursos hídricos.

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi financiada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES (edital PROEX 20/2016; e PRINT, edital 88881.311770 / 2018-01), e pela Fundação de Pesquisa do Estado do Ceará - FUNCAP (edital PNE-0112-00042.01.00 / 16).

5. REFERÊNCIAS

- ABTEW, WOSSENU; MELESSE, ASSEFA (2013). *Evaporation and evapotranspiration: Estimations and measurements*. Springer Dordrecht Heidelberg New York London. ISBN 978-94-007-4737-1 (eBook). DOI 10.1007/978-94-007-4737-1
- ALAZARD, M.; LEDUC, C.; TRAVI, Y.; BOULET, G.; BEN SALEME; A. (2015). *Estimating evaporation in semi-arid areas facing data scarcity: Example of the El Haouareb dam (Merguellil catchment, Central Tunisia)*. Journal of Hydrology: Regional Studies, 3, 265-284. <https://DOI.org/10.1016/j.ejrh.2014.11.007>
- ALI, S.; GHOSH, N. C.; SINGH, R.(2008). *Evaluating best evaporation estimate model for water surface evaporation in semi-arid region, India*. Hydrol. Process, 22, 1093–1106.
- ALTHOFF, D.; RODRIGUES, L. N.; SILVA, D. D.; BAZAME, H. C. (2019). *Improving methods for estimating small reservoir evaporation in the Brazilian Savanna*. Agricultural Water Management, 216, 105–112. DOI:10.1016/j.agwat.2019.01.028

- ARAÚJO, G. M.; LIMA NETO, I. E.; BECKER, H. (2019). *Phosphorus dynamics in a highly polluted urban drainage channel shallow reservoir system in the Brazilian semiarid*. Annals of the Brazilian Academy of Sciences. 91(3): <http://dx.DOI.org/10.1590/0001-3765201920180441>
- BRUTSAERT, W.; YEH, G.T. (1970). *Implications of a Type of Empirical Evaporation Formula for Lakes and Pans*. Water Resources Research, 6(4), 1202-1208. DOI:10.1029/wr006i004p01202
- CAMPOS, J. N. B.; LIMA NETO, I. E.; STUDART, T. M. C.; NASCIMENTO, L. S. V. (2016). *Trade-off between reservoir yield and evaporation losses as a function of lake morphology in semi-arid Brazil*. Annals of the Brazilian Academy of Sciences, 88, 1113-1126.
- DE ARAÚJO, J. C.; GÜNTNER, A.; BRONSTERT, A. (2006). *Loss of reservoir volume by sediment deposition and its impact on water availability in semiarid Brazil*. Hydrological Sciences, 51(1), 157-170.
- CEARÁ. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (2016). *Perfil Básico Municipal*. Fortaleza.
- COLE, T. M.; WELLS, S. A. (Eds.). (2018). *CE-QUAL-W2: A Two-Dimensional, Laterally Averaged, Hydrodynamic and Water Quality Model*, Version 4.1. Portland State University, Portland.
- GIANNIOU, S. K.; ANTONOPOULOS, V. Z. (2007). *Evaporation and energy budget in Lake Vegoritis, Greece*. Journal of Hydrology, 345, 212–223. DOI:10.1016/j.jhydrol.2007.08.007
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. *Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990*. Organizadores: RAMOS, Andrea Malheiros; SANTOS, Luiz André Rodrigues dos; FORTES, Lauro Tadeu Guimarães. Brasília-DF: INMET, 2009.
- KOHLER, M.; NORDENSON, T.; FOX, W., (1955). *Evaporation from Pans and Lakes*: US Weather Bureau Research Paper 38. US Weather Bureau, Washington, DC.
- LIMA NETO, I. E.; WIEGAND, M. C.; DE ARAÚJO, J. C. (2011). *Sediment redistribution due to a dense reservoir network in a large semi-arid Brazilian basin*. Hydrological Sciences Journal, 56(2), 319-333. <https://DOI.org/10.1080/02626667.2011.553616>
- LINACRE, E.T. (1994). *Estimating U.S. Class A pan evaporation from few climate data*. Water Int, 19, 5–14.
- LÓPEZ, P. V.; ALVAREZ, V. M.; ELVIRA, B. G.; GÓRRIZ, B. M. (2012). *Determination of synthetic wind functions for estimating open water evaporation with Computational Fluid Dynamics*. Hydrological Process. 26, 3945–3952.
- MAMEDE, G. L.; ARAÚJO, N. A. M.; SCHNEIDER, C. M.; DE ARAÚJO, J. C.; HERRMANN, H. J. (2012). *Overspill avalanching in a dense reservoir network*. PNAS, 109(19), 7191–7195. DOI:10.1073/pnas.1200398109/-/DCSupplemental.
- MORTON, F. I. (1983). *Operational estimates of lake evaporation*. Journal of Hydrology, 66(1-4), 77–100. DOI:10.1016/0022-1694(83)90178-6
- MCJANNET, D.; HAWDON, A.; NIEL, T. V.; BOADLE, D.; BAKER, B.; TREFRY, M.; REA, I. (2017). *Measurements of evaporation from a mine void lake and testing of modelling approaches*. Journal of Hydrology, 555, 631-647. DOI: <https://DOI.org/10.1016/j.jhydrol.2017.10.064>
- NEUWIRTH, F. (1973). *Experiences with evaporation pans at a shallow steppe-lake in Austria*. In: Proceedings of the International Symposium on the Hydrology of Lakes, Helsinki, 23–27, July 1973. Int. Assoc. Sci. Hydrol. Publ.
- OLIVEIRA, G. M.; LEITÃO, M. M. V. B. R.; GALVÃO, C. O.; LEITÃO, T. J. V. (2005). *Estimativa da Evaporação e Análise do Uso do Coeficiente (Kp) do Tanque “CLASSE A” nas Regiões do Cariri e Sertão da Paraíba*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 10(4), 73-83.
- PEREIRA, S. B.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D.; RAMOS, M. M. (2009). *Evaporação líquida no lago de Sobradinho e impactos no escoamento devido à construção do reservatório*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 13(3), 346–352.
- SINGH, V. P.; XU, C.-Y. (1997). *Evaluation and generalization of 13 mass-transfer equations for determining free water evaporation*. Hydrological Processes, 11(3), 311-323.